

**HIDRODEOKSIGENASI CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DENGAN
KATALIS BENTONIT Zr/PHOSPHIDA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Bidang Studi Kimia**



**Oleh:
CIK AYU
08031181722058**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**HIDRODEOKSIGENASI CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DENGAN
KATALIS BENTONIT Zr/PHOSPHIDA**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

CIK AYU

08031181722058

Indralaya, 26 Juli 2021

Pembimbing I



**Dr. Hasanudin, M.Si.
NIP. 197205151997021003**

Pembimbing II



**Dr. Addy Rachmat, M.Si.
NIP. 197409282000121001**

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Hidrodeoksigenasi CPO Menjadi *Biogasoline* Dengan Katalis Bentonit Zr/Phosphida” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 22 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 26 Juli 2021

Pembimbing :

1. **Dr. Hasanudin, M.Si.**
NIP. 197205151997021003

()

Anggota :

1. **Dr. Addy Rachmat, M.Si.**
NIP. 197409282000121001

()

2. **Dr. Ady Mara, M.Si.**
NIP. 196404301990031003

()

3. **Prof. Dr. Muharni, M.Si.**
NIP. 196903041994122001

()

Mengetahui,


Dekan FMIPA
Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001


Ketua Jurusan Kimia
Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Cik Ayu
NIM : 08031181722058
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 26 Juli 2021

Penulis



Cik Ayu
NIM. 08031181722058

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Cik Ayu
NIM : 08031181722058
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hidrodeoksigenasi CPO Menjadi *Biogasoline* Dengan Katalis Bentonit Zr/Phosphida”. Dengan hak bebas royalty non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 26 Juli 2021

Yang menyatakan,



Cik Ayu
NIM. 08031181722058

RINGKASAN

HIDRODEOKSIGENASI CPO MENJADI *BIOGASOLINE* DENGAN KATALIS BENTONIT Zr/PHOSPHIDA

Cik Ayu: Dibimbing oleh Dr. Hasanudin, M.Si. dan Dr. Addy Rachmat, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xiii + 97 halaman, 15 gambar, 7 tabel, 13 lampiran

Energi terbarukan dapat dikembangkan melalui pengolahan berbagai sumber daya alam yang dapat diperbarui salah satunya *Crude Palm Oil* (CPO). Katalis bentonit Zr/Phosphida telah dipreparasi untuk Hidrodeoksigenasi CPO menjadi *biogasoline*. Bentonit dipilarisasi dengan variasi konsentrasi logam Zr/Phosphida 2, 4, 6, 8, dan 10 meq/g. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan aktivitas katalitik dari proses pemiliran bentonit. Bentonit alam dijadikan Na-Bentonit terlebih dahulu untuk menyeragamkan kation-kation yang ditukar pada saat proses pemiliran dengan logam Zr/Phosphida, selanjutnya dilakukan proses Hidrodeoksigenasi CPO menjadi *biogasoline* menggunakan reaktor silinder yang dialiri dengan gas hidrogen. Produk hasil Hidrodeoksigenasi diukur menggunakan GC-MS. Hasil GC-MS menunjukkan bahwa persentase *biogasoline* yang paling tinggi terdapat pada katalis bentonit Zr/Phosphida 2 meq/g dengan persentase sebesar 37,83%. Persentase *biogasoline* yang paling rendah terdapat pada katalis bentonit Zr/Phosphida 8 meq/g dengan persentase sebesar 30,80%. Katalis terbaik bentonit Zr/Phosphida 2 meq/g dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, FT-IR, SEM-EDS dan analisa keasaman. Hasil karakterisasi XRD adalah ditandai dengan adanya pergeseran sudut 2θ antara Na-Bentonit dan bentonit Zr/Phosphida yaitu $19,75^\circ$ ($d=4,492$) dan $28,66^\circ$ ($d=3,112$) menjadi $19,93^\circ$ ($d=4,452$) dan $26,93^\circ$ ($d=3,31$). Bilangan gelombang $3369,5\text{ cm}^{-1}$ merupakan puncak yang khas pada katalis bentonit Zr/Phosphida 2 meq/g dan menunjukkan gugus P-OH yang terdapat pada struktur ZrP. Pori-pori Na-Bentonit lebih seragam dibandingkan dengan katalis bentonit Zr/Phosphida. Hal ini mengindikasikan bahwa pengotor yang ada pada bentonit lebih sedikit dibandingkan sebelum pemiliran. Komposisi dari Na-Bentonit memiliki unsur Zr sebesar 4,67%, begitu juga unsur P sebesar 6,45% setelah pemiliran. Katalis bentonit Zr/Phosphida pada variasi 2 meq/g memiliki potensi dalam proses katalisis CPO menjadi *biogasoline*.

Kata Kunci : Bentonit Zr/Phosphida, *Biogasoline*, CPO, Hidrodeoksigenasi, Katalis, Piridin.

Kepustakaan : 96 (1981-2020)

SUMMARY

HYDRODEOXYGENATION OF CPO TO BIOGASOLINE WITH Zr/PHOSPHIDA BENTONITE CATALYST

Cik Ayu: Supervised by Dr. Hasanudin, M.Si. and Dr. Addy Rachmat, M.Si.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University xiii
+ 97 pages, 15 pictures, 7 tables, 13 attachments

Renewable energy can be developed through the processing of various natural resources, such as Crude Palm Oil (CPO). Bentonite Zr/Phosphida catalyst had been prepared for Hydrodeoxygenation of CPO into biogasoline. Bentonite had been pillarization carried out in variations concentrations of Zr/Phosphide i.e. 2, 4, 6, 8, and 10 meq/g. This process aim to increase the catalytic activity of pillared bentonite. Natural bentonite transformed into Na-Bentonite in order to homogenize the exchangeable cations followed by pillarization with Zr/Phosphide metal. The process of Hydrodeoxygenation of CPO into biogasoline was carried out using a cylindrical reactor fed with hydrogen gas. Hydrodeoxygenation products were analyzed using GC-MS. GC-MS results show that the highest percentage of biogasoline is found in bentonite catalyst Zr/Phosphida 2 meq/g with a percentage of 37.83%. The lowest percentage of biogasoline is found in bentonite catalyst Zr/Phosphida 8 meq/g with a percentage of 30.80%. The best catalyst i.e. bentonite Zr/Phosphida 2 meq/g was characterized using XRD, FT-IR, SEM-EDS and acidity analysis. The results of XRD characterization were indicated by the presence of a 2θ angle shift between Na-Bentonite and Zr/Phosphida bentonite, namely 19.75° ($d= 4.492$) and 28.66° ($d= 3.112$) to 19.93° ($d= 4.452$) and 26.93° ($d= 3.31$). The wave number of 3369.5 cm^{-1} is a typical peak on the bentonite catalyst Zr/Phosphida 2 meq/g and shows the P-OH group present in the ZrP structure. The pores of Na-Bentonite are more uniform than the bentonite Zr/Phosphida catalyst, which indicates smaller impurities present in bentonite than natural bentonite . The composition of Na-Bentonite shows on Zr whiles pillared bentonite has 4.67%, as well as P 6.45% after pillarization. Bentonite catalyst Zr/Phosphida at variation of 2 meq/g has potential in the process of catalyzing CPO into biogasoline.

Keywords: Bentonite Zr/Phosphide, Biogasoline, CPO, Hydrodeoxygenation, Catalyst, Pyridine.

Citation : 96 (1981-2020)

HALAMAN PERSEMBAHAN

- *Dan barangsiapa menaruh seluruh kepercayaannya kepada Allah (Tuhan), maka Dia akan mencukupi mereka (QS. At-Talaq: 3).*
- *Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia (HR. at-Thabrani).*
- *Kehidupan dunia ini hanyalah kenikmatan dari khayalan (QS. Ali Imran: 185).*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- ✚ Allah SWT
- ✚ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- ❖ Mak, bak dan adikku tercinta yang selalu mendoakan dan memberikan semangat, dukungan dan cinta kasihnya
- ❖ Seluruh keluarga besarku
- ❖ Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- ❖ Semua orang baik yang pernah kutemui
- ❖ Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT. Dzat pemberi ampunan dan pertolongan. Segala puji dan shalawat kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa zaman kebodohan menjadi zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Hidrodeoksigenasi CPO Menjadi *Biogasoline* Dengan Katalis Bentonit Zr/Phosphida”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Hasanudin, M.Si.** dan Bapak **Dr. Addy Rachmat, M.Si.** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
4. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
6. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
7. Mak dan Bak tercinta yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan serta semangat (love) dan adikku Dini yang selalu menjadi penyemangat di kala lelah dan kadang menyebarkan hehe (tapi sayang).

8. Keluarga Besarku yang tidak bisa kusebutkan satu-satu dan selalu mendoakan serta senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan semangat.
9. Grup Chingu Gaje (RiaChan dan MegaHun/Fans Halu garis keras banget ini). Terima kasih sudah mau berbagi cerita, cinta, perhatian, doa dan dukungan yang tidak bisa kusebutkan satu-satu. Terima kasih dan maaf sudah mau medengarkan segala ke-overthinking-an ku yang sudah nyata bahwa itu semua hanya ada dalam pikiran-pikiran ku. Terima kasih sudah lahir kedunia ini guys. Aku sayang kalian pokoknya. Yok sukses bareng yok! Yok ngonser bareng biar bisa liat Dyo dan Baek, Sehun serta Yeolli.
10. Artikel BUKBER (Lilik Bahek, Rianti Bahek, dan Kiki). Terima kasih sudah membagikan hal-hal kerandoman yang kadang buat aku harus memutar otak terlebih dulu. Terima kasih dukungan dan semangat nya. Yok mantai yok! Yok sukses bareng yok!
11. Cawa's Club (DilaN, Fitri, Mput, Nyak, Saum, dan Sheli). Terima kasih sudah mau menjadi keluargaku di tanah rantau ini. Terima kasih sudah menjadi tempat berbagi cerita kerandoman yang kadang cerita nya buat aku mikir dulu, tempat berkeluh kesah, dan tempat bercanda tawa. Maaf juga jika kadang aku suka bikin kalian jengkel (memang sengaja) dan masih banyak lagi hal yang bikin kalian emosi juga hehe. Terima kasih sudah terlahirkan dimuka bumi ini meskipun mungkin tidak ada manfaatnya (becanda ya hehe). Pokoknya aku banyak belajar ilmu kehidupan dari kalian guys. Senang dan bersyukur banget mengenal kalian lebih jauh, Terima kasih untuk semuanya. Sukses selalu untuk kalian, semoga kita bisa kumpul-kumpul lagi. Semangat! Yok sukses bareng yok!
12. Grup per-KPOP-an (Sisi, Juju). Terima kasih sudah mau ngefangirling bareng aku. Terima kasih semangat dan dukungan serta doanya. Maaf ya kalo aku kadang suka bikin kalian jengkel hehe. Terima kasih juga personil per-haluan hehe (Ipo, kak Cindy noona, kak Vad, dan Dian). Yok lah nanti ngonser bareng biar bisa liat 9 Peterpan kita. Semoga sampai itu

tiba, mereka belum menemukan Wendy nya masing-masing. Eh, satunya sudah ya hmm. Atur-aturlah jadwal nya dan sukses bareng juga!

13. Mahabbah yang terdiri dari Mba Pemkuh, DilaN, Fitri, Mput, Nyak, Saum, Sheli, Sisi, Indah, Ipo, Utari, Cibe, Febby, dan Yana. Terima kasih untuk semuanya. Terima kasih sudah mau berbagi ilmu (Mba Pemkuh). Terima kasih atas dukungan, doa, dan perhatiannya. Sukses terus buat kita. Nanti atur lagi jadwalnya ya. Yok sukses bareng yok!
14. Bentonit AsiQ (Indah, Indi, Ega, Utari, dan Putam). Terima kasih atas kebersamaan nya guys. Maaf atas kekhilafan kata dan sikap saat penelitian maupun setelah penelitian. Dan buat Indah, terima kasih sudah jadi pendengar yang baik, terima kasih sudah mau berjuang sampai akhir dengan aku, dan maaf juga karena aku banyak merepotkan (tapi akan terus begitu sih hehe). Sukses buat Kita!
15. Sahabatku RimaBro yang meskipun berjauhan tapi selalu memberikan support, doa, dan dukungannya. Hendi, Tobi, Amri yang selalu takut kalah saing (becanda hehe) dan nanya-nanya seputar penelitian ku wkwk. Terima kasih dukungannya guys. Sukses buat Kita!
16. Sabek 5G LTE (Reska, Fajar, Jodha, Enggal, Putra, dan mardian). Terima kasih doa dan dukungannya guys. Sukses terus buat Kita!
17. Maya dan Dini yang selalu mau direpotkan. Selamat jadi beban orang tua kalian. Sukses terus buat kita!
18. Rekan-rekan seperjuangan Kimia Angkatan 2017 terkhusus team Inti (Ramdan, Redo, Yana, She-she, Oik) yang sudah banyak membantu angkatan 2017 juga Apres yang senantiasa memberikan doa dan dukungan. Semangat dan sukses selalu. Yok bisa yok! Semoga kelak kita dapat berkumpul lagi, kalian orang-orang hebat. Sukses terus buat Kita!
19. Para BPH COIN (Mput, Sheli, Dilla, Rama, Nadila, Nabila, Ega, Putam, Endah, Ulva, Hani, Epan, Aldi, Redo, Redho, Andes, Wanda) senantiasa memberikan semangat dan dukungan. Sering bersama-sama menjadikan sekret sebagai rumah kedua di saat perkuliahan teramat penat dan melelahkan. Terima kasih atas kerjasamanya. Senang mengenal kalian

dan banyak pelajaran yang dapat aku ambil dari kalian semua. Semangat dan sukses buat kita!

20. Para BPH HIMAKI dan Bang Bul sebagai Kadept SAINTEK senantiasa memberikan semangat dan dukungan. Terima kasih atas kerjasamanya. Senang mengenal kalian. Terima kasih atas ilmu nya ya guys. Semangat dan sukses buat kita!
21. Kakak-kakak tingkat Angkatan 2016, 2015, dan 2014, serta adik-adik tingkat Angkatan 2018 dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat dan dukungan. Keluarga ISBA, UKM U-READ, LDF KOSMIC, banyak pelajaran berharga yang bisa aku ambil. Maaf jika selama ikut serta, aku kurang aktif atau ilang-ilangan. Terima kasih.
22. Motornya Mput yang sudah banyak mengantar-jemput kemana saja dan motor Nyak juga hehe (Sudah ku tepati janji ya wkwk). Love you guys.
23. Teman kostanku Sheli dan Neni yang selalu menjadi tempat berbagi cerita dan selalu membantu serta memberikan semangat dan dukungan.
24. Teman KP Bangka dan SMA seperjuangan selalu memberikan semangat dan dukungan. Semangat dan sukses buat kita!
25. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
26. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR PERSETUJUAN	iii
RINGKASAN	iv
SUMMARY	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Hidrodeoksigenasi CPO.....	5
2.2 <i>Biogasoline</i>	6
2.3 Bentonit alam dan Pilarisasi bentonit	8
2.4 <i>Cation Exchange Capacity</i> (CEC)	12
2.5 Logam zirkonium dan zirkonium phosphida	13
2.6 Katalis	15
2.7 <i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i> (GC-MS).....	16
2.8 Spektrofotometri UV-Vis.....	17
2.9 Analisis keasaman.....	18
2.10 Karakterisasi menggunakan instrumen kimia.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	22

3.2	Alat dan Bahan.....	22
3.2.1	Alat.....	22
3.2.2	Bahan	22
3.3	Prosedur Penelitian	22
3.3.1	Preparasi Na-bentonit.....	22
3.3.2	Penentuan <i>Cation Exchange Capacity</i> (CEC) bentonit alam dan Na-bentonit	23
3.3.3	Pemiliran bentonit zirkonium fosfat ($Zr(H_2PO_4)_4$) menggunakan variasi zirkonium (Zr^{4+}).....	24
3.3.4	Reduksi bentonit- $ZrPO_4$ menjadi bentonit- ZrP	24
3.3.5	Hidrodeoksigenasi CPO menjadi <i>biogasoline</i> dengan katalis bentonit zirkonium-phosphida	25
3.3.6	Karakterisasi katalis Na-bentonit dan bentonit terpillar zirkonium phosphida terbaik	26
3.3.6.1	Analisis struktur katalis Na-bentonit dan bentonit terpillar zirkonium phosphida terbaik menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	26
3.3.6.2	Analisis keasaman katalis Na-bentonit dan bentonit terpillar zirkonium phosphida terbaik dengan piridin cair	26
3.3.6.3	Analisis gugus fungsi katalis Na-bentonit dan bentonit terpillar zirkonium phosphida terbaik menggunakan FT-IR.....	27
3.3.6.4	Analisis morfologi atau bentuk permukaan katalis Na-bentonit dan bentonit Terpillar zirkonium phosphida terbaik menggunakan SEM-EDS	27
3.3.6.5	Analisis fraksi <i>biogasoline</i> menggunakan <i>Gas Chromatography- Mass Spectroscopy</i> (GC-MS).....	28
3.3.6	Analisis Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Analisa keasaman katalis Na-bentonit dan bentonit ZrP dengan Gas Piridin dan Kapasitas Tukar Kation (CEC).....	29
4.2	Produk hasil Hidrodeoksigenasi	31
4.3	Analisa GC-MS untuk <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) dan katalis bentonit ZrP	33

4.4	Hasil karakterisasi katalis Na-bentonit dan bentonit ZrP terbaik menggunakan XRD	39
4.5	Hasil karakterisasi katalis Na-bentonit dan bentonit ZrP terbaik menggunakan Spektrofotometer FT-IR.....	42
4.6	Hasil karakterisasi katalis Na-bentonit dan bentonit ZrP terbaik menggunakan SEM-EDS	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur bentonit alam	7
Gambar 2. Mekanisme pilarisasi bentonit dari lapisan tetrahedral, oktahedral, dan tetrahedral	9
Gambar 3. Pembatasan interkalasi molekul	11
Gambar 4. Diagram alat Spektrometer UV-Vis (<i>single beam</i>)	17
Gambar 5. Perubahan keasaman Bronstead menjadi keasaman Lewis dengan pemanasan pada temperatur tinggi	19
Gambar 6. Analisis katalis menggunakan SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	21
Gambar 7. Serangkaian alat reaktor Hidrodeoksigenasi katalitik	26
Gambar 8. Produk hasil reaksi Hidrodeoksigenasi dengan CPO dan katalis bentonit zirkonium phosphida variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8 dan 10 meq/g	33
Gambar 9. Kromatogram GC-MS CPO	34
Gambar 10. Kromatogram Katalis bentonit zirkonium phosphida 2 meq/g	35
Gambar 11. Kromatogram katalis bentonit zirkonium phosphida 4, 6, 8 dan 10 meq/g	37
Gambar 12. Grafik hasil konversi produk total (biogasoline, bioavtur, dan biosolar) GC-MS	37
Gambar 13. Mekanisme perengkahan alkana pada katalis bentonit Zr/Phosphida.	38
Gambar 14. Grafik hasil konversi produk Hidrodeoksigenasi	38
Gambar 15. Difraktogram katalis Na-bentonit dan bentonit zirkonium phosphida	40
Gambar 16. Spektrum katalis Na-bentonit dan bentonit zirkonium phosphida ...	41
Gambar 17. Hasil SEM	43

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Struktur asam lemak yang terdapat dalam minyak kelapa sawit.....	6
Tabel 2. Sifat- sifat fisika <i>gasoline</i>	7
Tabel 3. Sifat-sifat logam Zirkonium.....	14
Tabel 4. Analisis keasaman katalis Na-bentonit dan bentonit ZrP dengan gas piridin.....	30
Tabel 5. Densitas produk Hidrodeoksigenasi.....	33
Tabel 6. <i>Yield Biogasoline</i>	33
Tabel 7. Persentase keseluruhan dari produk hidrokarbon dari masing-masing variasi katalis bentonit zirkonium phosphida.....	38
Tabel 8. Konversi hasil dari produk total GC-MS.....	39
Tabel 9. Hasil EDS Na-bentonit dan katalis bentonit zirkonium phosphida.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Pembuatan larutan NaCl jenuh.....	55
Lampiran 2. Membuat 100 mL 0,01 M Cu(en) ₂	56
Lampiran 3. Penentuan massa (g) ZrOCl ₂ untuk pengenceran dalam 500 mL akuades.....	57
Lampiran 4. Penentuan volume (mL) ZrOCl ₂ .8H ₂ O 0,1 M hasil pengenceran untuk variasi ZrOCl ₂ .8H ₂ O 2, 4, 6, 8 dan 10 meq/g.....	58
Lampiran 5. Penambahan ammonium dihidrogen fosfat (NH ₄) ₂ HPO ₄	60
Lampiran 6. Penentuan Nilai CEC (<i>Cation Exchange Capacity</i>) bentonit alam dan Na-bentonit dengan metode kurva kalibrasi.....	62
Lampiran 7. Data hasil kromatogram GC-MS.....	65
Lampiran 8. Perhitungan <i>yield biogasoline</i>	82
Lampiran 9. Hasil perhitungan densitas produk biofuel dari reaksi hidrodeoksigenasi.....	86
Lampiran 10. Data hasil difraktogram XRD.....	87
Lampiran 11. Analisis keasaman Na-bentonit dan bentonit ZrP dengan gas piridin.....	89
Lampiran 12. Konversi hasil GC-MS.....	91
Lampiran 13. Lampiran gambar alat dan bahan.....	93

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah pemakaian bahan bakar minyak di Indonesia semakin hari semakin bertambah. Salah satu sektor yang banyak menggunakan bahan bakar minyak adalah sektor transportasi terutama pada solar dan bensin yang mencapai 88 %. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah kendaraan bermotor disetiap tahunnya yakni mencapai 21,17 %. Produksi dan cadangan bahan bakar minyak sangatlah sedikit. Cadangan bahan bakar minyak berbasis fosil atau minyak bumi yang tidak terbarukan terbukti hanya sebesar 3,7 miliar barel (pada tahun 2008) dengan produksi pertahun 0,36 milyar barel atau hanya cukup untuk sekitar 11 tahun (Sitorus dkk., 2014). Di Indonesia, untuk mengimbangi kebutuhan akan bahan bakar minyak tersebut, maka pemerintah mengambil alternatif dengan mengimpor bahan bakar minyak dari negara lain, baik minyak mentah ataupun bahan bakar minyak. Mengingat pentingnya masalah tersebut, maka dilakukan beberapa cara untuk mencukupi kebutuhan bahan bakar minyak, salah satunya dengan mengembangkan energi terbarukan yang ramah lingkungan sebagai pengganti bahan bakar selain minyak bumi (Sri Muryati dkk., 2018).

Energi terbarukan dapat dikembangkan melalui pengolahan berbagai sumber daya alam yang dapat diperbarui salah satunya adalah kelapa sawit. Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati. Minyak yang dihasilkan dari kelapa sawit sangat ramah lingkungan karena bebas nitrogen dan sulfur (Latipah dkk., 2017). Salah satu minyak tersebut adalah *crude palm oil* (CPO) (Sri Muryati dkk., 2018). CPO mengandung *triacyl glycerol* (TAG atau senyawa karboksilat dan ester) dengan komposisi antara asam lemak jenuh dan tak jenuh yang hampir seimbang (Wulandari dkk., 2011). CPO dapat diubah menjadi *biogasoline* dengan nilai ekonomi yang tinggi. Salah satu cara untuk mengubah CPO menjadi *biogasoline* adalah menggunakan reaksi hidredeoksigenasi. Menurut López *et al.*, (2020) Hidredeoksigenasi merupakan salah satu proses penghilangan oksigen dari suatu senyawa dengan mengalirkan gas hidrogen yang dibantu oleh katalis untuk menghasilkan produk hidrokarbon. Hidredeoksigenasi bertujuan untuk menghilangkan senyawa oksigen yang terikat pada senyawa hidrokarbon me

nggunakan bantuan katalis dan gas hidrogen untuk mengkonversi senyawa menjadi produk senyawa alifatik sekaligus menghilangkan pengotor (Nugrahaningtyas dkk., 2013). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses Hidrodeoksigenasi antara lain suhu dan tekanan yang tinggi yaitu berkisar antara 150°C-100 bar atau bisa lebih dari itu (Purwanto dkk., 2012). Tujuannya agar ketersediaan hidrogen semakin banyak pada katalis. Menurut Ameen *et al.*, (2017) salah satu keuntungan utama dari reaksi hidrodeoksigenasi dibandingkan dengan yang lain ialah kemampuan dalam menghasilkan bahan bakar seperti rentang diesel (C₁₆-C₁₈). Penggunaan katalis pada proses Hidrodeoksigenasi juga sangat penting karena semakin kuat keasaman katalis maka kinerja dari Hidrodeoksigenasi juga akan semakin baik.

Katalis yang digunakan pada penelitian ini berupa bentonit Zr phosphida. Bentonit memiliki kapasitas atau tempat penukar kation yang tinggi sehingga menghasilkan ruang antar lapis mineral yang sangat besar. Untuk meningkatkan sifat-sifat fisik dan kimia bentonit maka dilakukanlah modifikasi bentonit, salah satunya pilarisasi. Pilarisasi merupakan pemasukan atau reaksi interkalasi agen pemilar berupa logam kedalam antar lapis silikat bentonit hingga menghasilkan senyawa bentonit terpilar (Khoirina Dwi Nugrahaningtyas dkk., 2016) dan (Istinia dkk., 2003). Logam yang digunakan dalam penelitian ini adalah logam zirkonium dan bentonit terpilar yang dihasilkan adalah bentonit terpilar Zr phosphida.

Bentonit Zr phosphida berperan sebagai katalis yang mengkatalisis reaksi-reaksi (Weingarten *et al.* 2013) dalam suhu tinggi dan dapat memberikan kestabilan termal dalam suatu reaksi (Tan *et al.*, 2015). Secara khusus, Zr phosphida memiliki keasaman tinggi dan banyak mengandung asam Bronsted (Han *et al.*, 2019). Asam Bronsted yang terdapat pada katalis berfungsi untuk merengkah ikatan rangkap pada struktur trigliserida yang terdapat pada minyak kelapa sawit atau CPO (Badriyah dan Falah, 2017). Zr phosphida terdiri dari dua macam bentuk yaitu amorf dan kristal. Masing-masing dari bentuk tersebut berfungsi sebagai penukar kation yang baik (Khanal *et al.*, 2020). Menurut Han *et al.*, (2019) zirkonium phosphida memiliki ketahanan terhadap air yang sangat tinggi sehingga mencegah deaktivasi selama hidrolisis, stabilitasnya luar biasa, luas permukaan yang tinggi, dan karakteristik materialnya yang bagus. Pemilaran menggunakan zirkonium phosphida bertujuan untuk memperbesar ruang antar lapisan bentonit dan

memperkuat sifat asamnya. Karakterisasi bentonit Zr phosphida menggunakan instrumen seperti XRD, FTIR, SEM, GSA, dan lain sebagainya (Zaimahwati dkk., 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian mengenai hidrodeoksigenasi CPO menggunakan katalis ini sudah ada sebelumnya, namun hasil yang didapatkan kurang maksimal sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali . Hal ini disebabkan karena katalis yang digunakan adalah logam murni seperti logam zirkonium yang memiliki situs-situs aktif lebih sedikit dibandingkan dengan logam yang sudah diberi perlakuan. Untuk meningkatkan situs-situs aktif dan hasil yang lebih memuaskan maka dikembangkanlah katalis zirkonium phosphida dengan pengemban bentonit melalui modifikasi salah satunya adalah proses pilarisasi. Dari modifikasi tersebut, hal-hal yang harus dilakukan adalah menentukan bagaimana pengaruh jumlah logam Zr phosphida terhadap karakter bentonit terpillar Zr phosphida dan menentukan bagaimana pengaruh atau kerja jumlah logam Zr phosphida terhadap sifat aktivitas katalitik pada reaksi Hidrodeoksigenasi CPO.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memodifikasi bentonit alam dengan teknik pilarisasi menggunakan logam Zr phosphida.
2. Mengkarakterisasi bentonit terpillar Zr phosphida.
3. Menentukan pengaruh jumlah Zr phosphida terhadap aktivitas katalitik Hidrodeoksigenasi CPO.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini antara lain:

1. Sebagai katalis yang mampu membantu berjalannya reaksi Hidrodeoksigenasi CPO.
2. Sebagai alternatif cara untuk mengubah CPO menjadi *biogasoline* melalui reaksi Hidrodeoksigenasi CPO menggunakan katalis bentonit terpillar Zr phosphida.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemo, A. A., Adeoye, I. O., and Bello, O. S. (2017). Adsorption of Dyes Using Different Types of Clay: a Review. *Applied Water Science*, 7(2), 543–568.
- Aisyah, N. F., Aisyah, N., Kusuma, T. S. dan Widyanto, R. M. (2019). Profil Asam Lemak Jenuh dan Tak Jenuh Serta Kandungan Kolesterol Nugget Daging Kelinci New Zealand White (*Oryctolagus cuniculus*). *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 5(2), 92–100.
- Alvarez-Galvan, M. C., Campos-Martin, J. M., and Fierro, J. L. G. (2019). Transition Metal Phosphides for the Catalytic Hydrodeoxygenation of Waste Oils into Green Diesel. *Catalysts*, 9(3), 1–27.
- Ameen, M., Azizan, M. T., Yusup, S., Ramli, A., and Yasir, M. (2017). Catalytic Hydrodeoxygenation of Triglycerides: an Approach to Clean Diesel Fuel Production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80(2016), 1072–1088.
- Anderson, J. R and Boudart, M. (1981). *Catalysis Science and Technology*. New York: Springer Verlag.
- Arjek, O, C, H dan Fatimah, I. (2014). Modifikasi Zeolit dengan Tembaga (Cu) dan Uji Sifat Katalitiknya pada Reaksi Esterifikasi. *IJCR (Indonsian Journal of Chemical Research)*, 3(1), 20–27.
- Aziz, N., Kundari, N. A., dan Biyantoro, D. (2017). Pemisahan Zirkonium dan Hafnium dengan Metode SIR (Solvent Impregnated Resins). *Jurnal Forum Nuklir*, 2(1), 15–24.
- Badriyah, L., and Falah, I. (2017). Produksi Gasoline dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Ni-MCM-41 Dan Co/Ni-MCM-41 Gasoline Production from Coconut Oil Using. *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 22–28.
- Baloyi, J., Ntho, T., and Moma, J. (2019). Synthesis of Highly Active and Stable Al/Zr Pillared Clay as Catalyst for Catalytic Wet Oxidation of Phenol. *Journal of Porous Materials*, 26(2), 583–597.
- Barzetti, T., Selli, E., Moscotti, D., Forni, L., Fisica, C., Milano, U., and Golgi, V. C. (1996). Pyridine and Ammonia as Probes for FTIR Analysis of Solid Acid Catalysts. *J. Chem. Soc., Faraday Trans*, 92(2), 1401–1407.
- Beasley, M. M., Bartelink, E. J., Taylor, L., and Miller, R. M. (2014). Comparison of Transmission FTIR, ATR, and DRIFT Spectra: Implications for Assessment of Bone Bioapatite Diagenesis. *Journal of Archaeological Science*, 46(1), 16–22.
- Breen, C. (1991). Thermogravimetric Study of the Desorption of Cyclohexylamine and Pyridine from an Acid-Treated Wyoming Bentonite. *Clay Minerals*, 26(4), 473–486.

- Budiyanto, R. (2012). Aktivitas Dan Selektivitas Katalis Ni/H5nza Terhadap Hidrorengkah Metil Oleat Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek. *Skripsi*. Universitas Jember.
- Clay, E. (2019). EUROCLAY. *International Conference on Clay Science and Technology*, 2(7), 1–678.
- Donnadio, A., Nocchetti, M., Costantino, F., Taddei, M., Casciola, M., Da Silva Lisboa, F., and Vivani, R. (2014). A Layered Mixed Zirconium Phosphate/Phosphonate with Exposed Carboxylic and Phosphonic Groups: X-ray Powder Structure and Proton Conductivity Properties. *Inorganic Chemistry*, 53(24), 13220–13226.
- Enyoh, C., Isiuku, B., and Verla, A. (2019). Applications of Column , Paper , Thin Layer and Ion Exchange Chromatography in Purifying Samples : Mini. *SF Journal of Pharmaceutical and Analytical Chemistry*, 2(2), 1–6.
- Faghihian, H., and Mohammadi, M. H. (2014). Acid Activation Effect on the Catalytic Performance of Al-Pillared Bentonite in Alkylation of Benzene with Olefins. *Applied Clay Science*, 93–94(1), 1–7.
- Fisli, Yusuf, S. dan D. (2006). Pengaruh Homokation Permukaan Bentonit Terhadap Penyerapan Kation Cs dan Sr. *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, 2(1), 206–210.
- Fitratun, N, M. (2013). Analisis Porositas Nanosilika Berbasis Pasir Alam yang di Sintesis dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia Vol.02*, 02(03), 1–4.
- Genoveva, G. R., Enrique, O. R., Guzman, E. R, and Teresita, E. (2007). The Influence of Agitation Speed on the Morphology and Size Particle Synthesis of $Zr(HPO_4)_2$ from Mexican Sand. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 6(1), 39–51.
- Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difrraction (X-RD) di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51.
- Han, G. H., Lee, M. W., Park, S., Kim, H. J., Ahn, J. P., Seo, M. gi, and Lee, K. Y. (2019). Revealing the Factors Determining the Selectivity of Guaiacol Hydrodeoxygenation Reaction Pathways using ZrP-Supported Co and Ni Catalysts. *Journal of Catalysis*, 377(1), 343–357.
- Harti, R., Allwar, and Fitri, N. (2014). Karakterisasi dan Modifikasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit dengan Asam Nitrat untuk Menjerap Logam Besi dan Tembaga dalam Minyak Nilam. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2(1), 74–83.
- Hasanudin, H., Rachmat, A., Said, M., and Wijaya, K. (2020). Kinetic Model of Crude Palm Oil Hydrocracking Over Ni/Mo ZrO₂ –Pillared Bentonite

- Catalyst. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 64(2), 238–247.
- Hasibuan, H. A. (2020). Kajian Mutu dan Karakterisasi Minyak Sawit Indonesia Serta Produk Fraksinasinya. *jurnal Standardisasi*, 14(1), 13–21.
- Holilah., Utami. TP, dan Prasetyoko, D. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma*) dengan Variasi kon dengan Variasi kon sentrasi Katalis NaOH. *Jurnal MIPA*, 36(1), 51–59.
- Juliana, I., and Ratnayani, O. (2016). Characterization of Ledgestone Catalyst Using Acid Activation and its Application to Convert Used Cooking Oil into Biodiesel. *Jurnal Kimia*, 2(1), 32–42.
- Istinia, Y., Wijaya, K., Tahir, I, dan Mudasir. (2003). Pilarisasi dan Karakterisasi Montmorillonit. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 4(3), 1–7.
- Junaidi. (2010). Spektrofotometer UV-Vis untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 2(1), 97–102. Khalifah, S. N., Erlina, N. O., dan Amalia, S. (2013). Preparasi, Modifikasi dan Karakteristik Katalis Bifungsional Sn-H-Zeolit Alam Malang. *Alchemy*, 2(3), 154–161.
- Khalifah, T. (2013). Perbedaan Karakter Tiga Jenis Bentonit Ditinjau dari Tiga Macam Cara Analisis. *Sains dan Matematika.*, 2(1), 57–63.
- Khanal, S., Lu, Y., Dang, L., Ali, M., and Xu, S. (2020). Effects of α -Zirconium Phosphate and Zirconium Organophosphonate on the Thermal, Mechanical and Flame Retardant Properties of Intumescent Flame Retardant High Density Polyethylene Composites. *RSC Advances*, 10(51), 30990–31002.
- Koestiari, T., Harsini, M., Prawita, A, and Effendy. (2012). Karakterisasi Bentonit Teknis Sebagai Adsorben Indigo Biru. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* , 19(3), 247–254.
- Krisnandi, Y. K., Sihombing, R., dan M, O. S. (2013). Bentonit Alam Tapanuli Dinterkalasi Surfaktan Kationik Benziltrimetilammonium Klorida (BTMA-Cl) sebagai Adsorben P-Klorofenol dan Fenol. *Departemen Kimia: Fmipa UI Depok.*, 2(1), 1–12.
- Kumar, S., Panda, A. K., and Singh, R. K. (2013). Preparation and Characterization of Acids and Alkali Treated Kaolin Clay. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*, 8(1), 61–69.
- Latipah, N., Sundaryono, A., dan Elvia, R. (2017). Titanium Oksida dan Implementasinya pada Pembelajaran Kimia (Biofuel Production of CPO Waste with Ni/Tio 2 and Co/Tio 2 Catalyst and Implementation Of Chemical Learning). *FKIP Universitas Bengkulu*, 2(1), 19–24.
- López, M., Palacio, R., Royer, S., Mamede, A. S., and Fernández, J. J. (2020). Mesostructured CMK-3 Carbon Supported Ni–ZrO₂ as Catalysts for the Hydrodeoxygenation of Guaiacol. *Microporous and Mesoporous Materials*, 292(9), 109694.

- Loridant, S. (2018). Raman Spectroscopy of Nanomaterials: Applications to Heterogeneous Catalysis. *Characterization of Nanomaterials: Advances and Key Technologies*, 2(1), 37–59
- Mecabih, Z. (2016). Characterization of Pillared Clay by SEM-EDX. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 3(6), 5107-5109.
- Mohammed, H., Al-Othman, A., Nancarrow, P., Elsayd, Y, and Tawalbeh, M. (2019). Enhanced Proton Conduction in Zirconium Phosphate/Ionic Liquids Materials for High-Temperature Fuel Cells. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2(1), 1–13.
- Mota, S. A. P. D., Mancio, A. A., Borges, L. E. P, and Machado, N. T. (2017). Production and Characterization of Green Gasoline Obtained by Thermal Catalytic Cracking of Crude Palm Oil (*elaeis guineensis*, Jacq). *Scientia Plena*, 13(1), 1–13.
- Nafsiyah, N., Shofiyani, A, and Syahbanu, I. (2017). Studi Kinetika dan Isoterm Adsorpsi Fe (III) pada Bentonit Teraktivasi Asam Sulfat. *JKK*, 6(1), 57–63.
- Naswir, M., Arita, S., Marsi, and Salni. (2013). Characterization of Bentonite by XRD and SEM-EDS and use to Increase PH and Color Removal, Fe and Organic Substances in Peat Water. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1(4), 313–317.
- Noviyanto, F., Tjiptasurasa, dan Utami, P. I. (2014). Ketoprofen dan Penetapan Kadarnya dalam Sediaan Gel dengan Metode Spektrofotometri Ultraviolet-Visibel. *Pharmacy*, 11(01), 1–8.
- Nugrahaningtyas, K D, Hidayat, Y., dan Prayekti, P. S. (2013). Aktivitas dan Selektivitas Katalis Mo-Co/USY pada Reaksi Hidrodeoksigenasi Anisol (Activity and Selectivity of Mo-Co/USY Catalyst on the Hydrodeoxygenation Reaction of Anisole). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Nugrahaningtyas, Khoirina Dwi, Maret, U. S., Widjonarko, D. M., dan Maret, U. S. (2016). Kajian Aktivitas H₂SO₄ Terhadap Proses Pemiliran Al₂O₃ pada Lempung Alam. *Alchemy (Jurnal Penelitian Kimia)*, 12(2), 190–203.
- Nugroho, A. P. P., Fitriyanto, D., dan Roesyadi, A. (2014). Pembuatan Biofuel dari Minyak Kelapa Sawit Melalui Proses Hydrocracking dengan Katalis Ni- C-6-2. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 1–7.
- Nurhayati, H. (2010). Pemanfaatan Bentonit Teraktivasi dalam Pengolahan Limbah Cair Tahu. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ogunkunle, O., Oniya, O. O., and Adebayo, A. O. (2017). Yield Response of Biodiesel Production from Heterogeneous and Homogeneous Catalysis of Milk Bush Seed (*Thevetia peruviana*) Oil . *Energy and Policy Research*, 4(1), 21–28.

- Oliynyk, A. O., Oryshchyn, S. V., and Lomnytska, Y. F. (2012). New Compounds and Phase Equilibria in the Zr-Ti-P System. *Journal of Alloys and Compounds*, 545(1), 80–84.
- Panagan, A., Yohandini, H., dan Gultom, J. (2011). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Asam Lemak Tak Jenuh Omega-3 dari Minyak Ikan Patin (*Pangasius Pangasius*) dengan Metoda Kromatografi Gas. *Jurnal Penelitian Sains*, 14(4), 168366.
- Pardosi, J. L. (2009). Perbandingan Metode Kromatografi Gas Dan Berat Jenis Pada Penetapan Kadar Etanol. *USU Repository*.
- Pica, M. (2017). Zirconium Phosphate Catalysts in the XXI Century: State of the Art from 2010 to Date. *Catalysts*, 7(6), 1–18.
- Pramesti, V. E dan Razin, M. F. (2017). Produksi Biofuel Melalui Proses Hydrocracking Minyak Biji Kapuk Randu Menggunakan Katalis Zn-Mo/hzsm-5. *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Purwanto, W. W., Supramono, D., Muthia, R., dan Annisa, G. (2012). *Konversi Limbah Kelapa Sawit Menjadi Bio-Oil melalui Proses Catalytic Fast Pyrolysis dan Upgrading-nya*.
- Putri, D. O., Mardawati, E., Putri, S. H., dan Frank, D. (2019). Perbandingan Metode Degumming CPO (Crude Palm Oil) terhadap Karakteristik Lesitin yang Dihasilkan. *Jurnal Industri Pertanian*, 1(3), 88–94.
- Putri, Q. U. (2020). Dehidrasi Etanol Menjadi Dietil Eter dengan Katalis Bentonit Terpillar Zirkonium Fosfat. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Rahayu, P. E. (2012). Konversi Minyak Sawit Menjadi Biogasoline Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Negeri Semarang.
- Rahayu, S. (2017). Sinergi Penelitian dan Pembelajaran untuk Mendukung Pengembangan Literasi Kimia pada Era Global. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY 2017*, 1(2009), 319–324.
- Rahmawati, E. (2012). Pengaruh Suhu Terhadap Distribusi Produk Hidrokarbon dan Pembentukan Kokas dari Hasil Reaksi Aseton Menggunakan Katalis HZSM-5 pada Rentang (275°C-350°C). *Skripsi*, 2(1), 1–233.
- Ramli, Riri Jonuarti, A. H. (2017). Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite yang di Preparasi dengan Metode Sputtering. *Eksakta*, 18(1), 1411–3724.
- Ramos-Garcés, M. V., Sanchez, J., La Luz-Rivera, K., Del Toro-Pedrosa, D. E., Jaramillo, T. F., and Colón, J. L. (2020). Morphology Control of Metal-Modified Zirconium Phosphate Support Structures for the Oxygen Evolution Reaction. *Dalton Transactions*, 49(12), 3892–3900.

- Rieppo, J., Rieppo, L., Saarakkala, S., and Jurvelin, J. S. (2011). Fourier Transform Infrared Imaging Spectroscopy in Biomedicine – Important Things to Consider When Planning a New Experiment. In *Fourier Transforms - NewAFS*. 385(65).12.
- Rinaldi, N dan Dwiatmoko, A. A. (2011). Studi Awal pada Preparasi Katalis Berbasis Lempung Berpilar untuk Reaksi Etanol Menjadi Gasoline. *ISSN*, 2(1), 1–2.
- Ristianingsih, Y., Hidayah, N. dan Sari, F. W. (2015). Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni, Co yang Diimbangkan pada Zeolit-ZCP-50 Menggunakan Metode Matrik Polimer. *Jurnal Teknologi*, 2(1), 1–8.
- Rodiansono., Irawan, C. dan Mujiyanti, D. R. (2009). Preparasi dan Karakterisasi Katalis Ni, Co yang Diimbangkan pada Zeolit-ZCP-50 Menggunakan Metode Matrik Polimer. *Jurnal Sains dan Terapan*, 2(1), 1–13.
- Ruskandi, C., Siswanto, A., dan Widodo, R. (2020). Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Bentonite untuk Membedakan Natural Sodium Bentonite dengan Sodium Bentonite Hasil Aktivasi Physical and Chemical Characterization of Bentonite to Distinguish Natural Sodium Bentonite from Activated Sodium Bentonite. *Jurnal Polimesin*, 18(1), 53–60.
- Sahil, D, K., Prashant, B., Akanksha, M., Premjeet, S., and Devashish, R. (2011). Gas Chromatography-Mass Spectrometry: Applications. *International Journal of Pharmaceutical Dan Biological Archives*, 2(6), 1544–1560.
- Santi, D, dan Efiyanti, L. (2014). Hidrorengkah Minyak Laka Menggunakan Katalis NiO/Zeolit Alam Aktif dan NiOMoO/Zeolit Alam Aktif Menjadi Fraksi Berpotensi Energi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 32(2), 93–102.
- Sari, K., Sundaryono, A., dan Handayani, D. (2017). Uji Biofuel Hasil Perengkahan Metil Ester dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis MoNi/HZ. *ALOTROP (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia)*, 1(2), 127–131.
- Sarkar, B., Rusmin, R., Ugochukwu, U. C., Mukhopadhyay, R., and Manjaiah, K. M. (2018). Modified Clay Minerals for Environmental Applications. In *Modified Clay and Zeolite Nanocomposite Materials: Environmental and Pharmaceutical Applications*. Elsevier Inc.
- Savitri, S., Nugraha, A. S., dan Aziz, I. (2016). Pembuatan Katalis Asam (Ni/ γ -Al₂O₃) dan Katalis Basa (Mg/ γ -Al₂O₃) untuk Aplikasi Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia Valensi*, 2(1), 1–10.
- Schoonheydt, R. A., Johnston, C. T., and Bergaya, F. (2018). Clay minerals and Their Surfaces. *Developments in Clay Science*, 9(1), 1–21.
- Shao, H., Gao, W., Zhang, D., Liu, Z., and Li, W. (2013). Study on Treatment Effect of Three Types of Industrial Wastewater by Ammonium Molybdate-Modified Bentonite. *Advanced Materials Research*, 638(1), 286–291.

- Shinagawa, K., and Ku, S. (2015). Arc Welding of Nonferrous Metals Arc Welding of Nonferrous Metals. *Kobe Steel, LTD*, 2(1), 83.
- Silviah, S., Widodo, S. C., dan Masruroh. (2014). Penggunaan Metode FT-IR Pada Proses Pembaluran Penderita Miomia. *Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya*, 2(1), 1–28.
- Sitorus, B., Hidayat, R. D. R., dan Prasetya, O. (2014). Pengelolaan Penggunaan Bahan Bakar Minyak yang Efektif pada Transportasi Darat. *Jurnal Manajemen Transportasi Dan Logistik*, 01(02), 117–126.
- Sopiarini, P., Firdaus, dan Taba, P. (2015). Preparasi dan Karakterisasi Ni-Mo/Montmorillonit Sebagai Katalis pada Proses Cracking. *Ind. J. Chem. Res*, 2(3), 254–258.
- Sopiarini, P., Firdaus. dan Taba, P. (2015). Preparasi dan Karakterisasi Ni-Mo/Montmorillonite sebagai Katalis pada Proses Cracking. *Ind. J. Chem*, 3(1), 254–258.
- Sri Muryati, T., Sundaryono, A., Handayani, D., dan Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP, P. (2018). Pembuatan Biofuel dari Limbah Cair PMKS dengan Katalis MoCo-HZ. *ALOTROP, Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 161–165.
- Suhartati, T. (2018). Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik. *AURA*, 2(1), 1–106.
- Sulistiyani, M. (2017). Optimasi Pengukuran Spektrum Vibrasi Sampel Protein Menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 2252–6951.
- Sunarno., Bahri, S, and Utama, P. S. (2011). Catalytic Slurry Cracking Cangkang Sawit Menjadi Crude Bio-Fuel. *Penelitian*. Riau: Universitas Riau.
- Syamsuddin, Y., dan Husin, H. (2010). Pembuatan Katalis Padat ZrO₂/Al₂O₃ untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Jarak. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 7(3), 112–117.
- Tan, X., Lu, H., Wang, J., Jin, C., Yang, W., and Zhang, Q. (2015). Synthesis of Iron Oxides Intercalated Montmorillonite and α -Zirconium Phosphate Particles and their Applications in Polystyrene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(44), 1–7.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E. dan Sudiono, S. (2005). Preparasi, Karakterisasi, dan Modifikasi Katalis Ni-Pd/Zeolit Alam. *Indo. J. Chem*, 5(1), 48–53.
- Weingarten, R., Kim, Y. T., Tompsett, G. A., Fernández, A., Han, K. S., Hagaman, E. W., Conner, W. C., Dumesic, J. A., and Huber, G. W. (2013). Conversion of Glucose into Levulinic Acid with Solid Metal(IV) Phosphate Catalysts. *Journal of Catalysis*, 304(1), 123–134.

- Wibowo, I. (2010). Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 4(2), 145–154.
- Wijarnako, A., Mawardi, D. A, dan Nasikin, M. (2006). Produksi Biogasoline dari Minyak Sawit melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis γ -Alumina. *Makara, Teknologi*, 10(2), 51–60.
- Wiratmaja, E, A, P. (2017). Sintesis Komposit N-TiO₂/Bentonit dan Karakterisasi Menggunakan FT-IR. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 5(1), 96–99.
- Wu, Z., Zhang, L., Guan, Q., Ning, P., dan Ye, D. (2011). Preparation of α -Zirconium Phosphate-Pillared Reduce Graphene Oxide with Increased Adsorption Towards Methylene Blue. *Chemical Engineering Journal*, 258(1), 77–84.
- Wulandari, N., Muchtadi, T. R., dan Budijanto, S. (2011). Sifat Fisik Minyak Sawit Kasar dan Korelasinya dengan Atribut Mutu (Physical Properties of Crude Palm Oil and Their Correlations to the Quality Attributes). *J. Teknol. Dan Industri Pangan*, 22(2), 177–183.
- Xu, J., Wiikinkoski, E., Koivula, R., Zhang, W., Ebin, B., and Harjula, R. (2017). HF-Free Synthesis of α -Zirconium Phosphate and Its Use as ion Exchanger for Separation of Nd (III) and Dy (III) from a Ternary Co–Nd–Dy System. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 3(3), 646–658.
- Yesilbas, M., Holmboe, M., Safitri, R., Bakar, A, and Supardan, M. D. (2018). Pemanfaatan Bentonit Sebagai Penyerap Air pada Proses Transesterifikasi Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 10(2), 14–19.
- Yulanda, A., Wahyuni, L., and Boily, J. F. (2018). Cohesive Vibrational and Tructural Depiction of Intercalated Water in Montmorillonite. *ACS Earth and Space Chemistry*, 2(1), 38–47.
- Zaimahwati, Z., Yuniati, Y., Jalal, R., Zhafiri, S., dan Yetri, Y. (2018). Isolasi Dan Karakterisasi Bentonit Alam Menjadi Nanopartikel Monmorillonit. *Jurnal Katalisator*, 3(1), 12.
- Zholobenko, V., Freitas, C., Jendrlin, M., Bazin, P., Travert, A., Starzyk, F. T. (2019). Probing the Acid Site of Zeolit with Pyridine: Quantitative AGIR Measurement of the Molar Absorption Coefficients. *HAL*, 2(1), 1–27.
- Zusya, A., dan Ratnawulan. (2019). Analisis Teoristik Nanopartikel Zirkonium Dioksida (ZrO₂). *Pillar of Physics*, 12(1), 70–76.